University of Tsukuba Library

Environmental isotope hydrology of Mt. Tsukuba

著者	Sanjo Kazuhiro
内容記述	Thesis--University of Tsukuba, D.Sc.(A), no. 746, 1990.3.23
発行年	1990
URL	http://hdl.handle.net/2241/4945

【54】

氏　名（本　籍）	三　篠　和　博（新潟県）
学位の種類	理　学　博　士
学位記番号	博　甲　第　746　号
学位授与年月日	平成２年３月23日
学位授与の要件	学位規則第５条第１項該当
審査研究科	地球科学研究科
学位論文題目	**Environmental Isotope Hydrology of Mt. Tsukuba** **（筑波山の環境同位体水文学）**

主　査	筑波大学教授	理学博士	榧　根　　勇
副　査	筑波大学教授	理学博士	高　山　茂　美
副　査	筑波大学教授	理学博士	古藤田　一　雄
副　査	筑波大学教授	理学博士	下　田　　右

論　文　要　旨

本論文は恒常流を有する固結岩からなる山地流域に同位体水文技術を適用して，降水中の環境同位体比が流域内部における水循環の過程で変化する実態と，その変化に関係する水循環の素過程について考察を行ったものである。研究対象地域として筑波山を選んだ。降水の採取地点として高度別に南斜面に２地点，北斜面に３地点，山頂に１地点を設けた。観測最高点と最低点との標高差は約800ｍである。採水は15日間降水を１試料とした。なお採水には蒸発防止装置付採水器を使用した。対象期間は1987年４月より1988年８月までである。河川水試料については，1987年９月より1988年８月まで，筑波山北斜面を流れる恒常河川について11高度で毎月１～２回の採水を行った。採水は降雨直後の流量の変動する時期を避け，低水時に実施した。また，より短い期間内の降水および河川水中の同位体比の変動を明らかにするため，1988年夏期に１降雨中の連続試料採取も行った。さらに同じ期間中に対象流域内の高度の異なる７地点において深度１ｍの地中水試料を採取した。これらの試料について安定水素（^{2}H）・酸素（^{18}O）同位体比およびトリチウム（^{3}H）濃度の測定を行った。^{2}Hについてはウランまたは亜鉛によるH_2ガス化により，また^{18}OについてはCO_2平衡法によりガス質量分析を行った。^{3}Hについては電解濃縮の後液体シンチレーション法により測定を行った。

降水の安定水素・酸素同位体比は時系列的には非常に大きな変動を示した。地上天気図をもとに総観気象学的な気団分類を行った結果，δ値は海洋性気団では大陸性気団よりも，また暖気団では寒気団よりもそれぞれ高いことが判明した。また降水量とδ値との関係には両者の増減が逆相関するいわゆる“降水量効果”は認められるものの明瞭ではなく，降水量の多い雨のδ値は降水量によ

る年間の加重平均値の周りの狭い範囲に集中する傾向が認められた。またその高度分布については，高度とδ値が逆相関するいわゆる“高度効果”を示し，降水量による年間の加重平均値も同様の高度勾配をもつことが示された。

河川水のδ値の時系列的変動は降水に比べるとはるかに小さい。一方その高度分布は，傾向的には降水と一致する高度効果を示すが，その勾配は両者でかなり異なる事実が示された。

つぎに流域内部で降水の安定同位体組成を変化させる要因について検討した。森林の影響を評価するため，1988年夏に同一降雨に対する林外雨と林内雨の各々について安定酸素同位体比の測定を行い両者を比較した。その結果この期間では林内雨の安定酸素同位体比は林外雨に比べ約１％高くなる事実が示された。この要因としては降水の樹冠遮断に伴う蒸発による重い同位体の濃縮が考えられた。この結果は森林流域において地下水の涵養以前に水の重い同位体の濃縮が生じ，最終的に河川に流出する地下水が同一標高の降水のδ値とは異なった値を示すことを意味する。

森林山地流域において，流域各高度で地下水面に達する前に重い同位体の濃縮が生じているとすると，地下水の流出のみで維持されている河川の基底流の安定同位体比の高度プロファイルは以下のプロセスの結果として説明できる。(1)流域内降雨の安定同位体比の高度プロファイルがある高度勾配を示す。(2)各高度で地中に浸透した降水は重い同位体の濃縮を受けているため，その高度プロファイル(1)よりもδ値の大きい側へシフトする。(3)その地下水が各高度で河川へ流出する。したがって流域のある高度における河川水の安定同位体比はその高度より上流部からの流出の総和による加重平均値を示す。よって山地流域でのδ値は従来までの指摘とは異なり地下水＞河川水＞降水となる。

筑波山における降水のトリチウム濃度は，現在約５ TU 前後で，かつての熱核実験による高濃度の影響は消失している。また高度効果も認められず，季節変動も小さかった。これに対して河川水の TU 値は最大16TU を示し，かつての高濃度の降水の寄与がいまだに大きいことが判明した。河川水の平均滞留時間を完全混合モデルを用いて計算すると，上流から下流へ単調な増加がみられ，下流ほど古い水の流出の寄与が高いことが示された。この傾向自体は季節的に変化しないが，滞留時間そのものは乾燥期と湿潤期では大きく異なり，乾燥期には相対的に古い水が多く流出しており，湿潤期にはそれが新しい水により希釈されることが明らかになった。また滞留時間と表層風化帯の厚さから判断して，筑波山の岩体内部を流動して流出する水の存在が無視できないことが示唆された。

審　査　の　要　旨

水に含まれる環境同位体が水循環の時間的ならびに空間的トレーサーになりうることは約20年前に知られていたが，その適用は水循環の特定の問題に限定されていた。本研究は，固結岩からなる孤立峰の流域内部における，降水から流出にいたる水循環の全程程，すなわち遮断，浸透，地下水流動，河川流出を，１年以上の現地調査に基づいて，環境同位体を用いて追跡し，同位体比の変化

から水循環の素過程について考察を加えたものである。その結果，従来までの見解とは異なり，河川水のδ値は地下水のそれより小さく，その原因が流域内部における蒸発によることが示された。またトリチウムを用いた解析により，岩体内部から流出する水の河川流量への寄与が無視できないことが明らかになった。これらの結果は同位体水文学の研究に対する大きな貢献であると高く評価できる。

よって，著者は理学博士の学位を受けるに十分な資格があるものとみとめる。